

# ¿QUÉ APORTAN LOS DIBUJOS A LA COMPRENSIÓN DE LOS SIGNIFICADOS DE LAS EXPLICACIONES DE LOS ESTUDIANTES EN BIOLOGÍA EVOLUTIVA?

Alma Adrianna Gómez-Galindo,  
*Unidad Monterrey, CINVESTAV.*

Gastón Pérez, González-Galli, Leonardo  
*Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias,  
Universidad de Buenos Aires.*

**RESUMEN:** Palabras como adaptación, función, desarrollo y selección no tienen un único significado en el vocabulario cotidiano. Algunos de estos términos, como “adaptación”, tampoco tienen un único significado en la biología evolutiva. Como consecuencia, no es evidente lo que el uso de estos vocablos -en las explicaciones de los estudiantes- supone en términos de comprensión sobre los temas enseñados. En este trabajo sugerimos que el trabajo con dibujos, enmarcado en procesos de modelización, permite una mejor explicitación de las concepciones y procesos cognitivos de los estudiantes, promoviendo una mejor comprensión de los modelos de los/as alumnos/as sobre temas de biología evolutiva.

**PALABRAS CLAVE:** multimodalidad representacional, modelización, evolución, lenguaje.

**OBJETIVOS:** El objetivo general de nuestra investigación es comprender la manera en que los estudiantes construyen modelos escolares de evolución por selección natural y especiación alopátrica, a partir de una secuencia didáctica basada en los marcos teóricos de la modelización escolar, la metacognición y los obstáculos epistemológicos.

El objetivo particular de este trabajo es analizar las implicancias de la ambigüedad léxica en el contexto de una actividad de evaluación al final de una secuencia didáctica y el rol e importancia que juegan los dibujos en dicha instancia de aprendizaje.

## MARCO TEÓRICO

### **Enseñanza de la evolución. Dificultades con respecto a la ambigüedad del lenguaje**

La enseñanza y el aprendizaje de los modelos evolutivos poseen considerables dificultades destacadas en la bibliografía (Smith, 2010a, 2010b). Entre ellas se encuentran las diversas concepciones y creencias que dificultan la comprensión y aceptación de las explicaciones que brinda la biología evolutiva. Otras

dificultades asociadas son las descritas por autores como Rector et al. (2013) sobre la ambigüedad de las palabras que se utilizan tanto en el contexto de la biología evolutiva erudita, como en el contexto cotidiano; pero con un significado diferente en ambos casos, a veces contradictorio. Esta ambigüedad complica la comunicación, inhibe el aprendizaje y limita la válida evaluación del conocimiento. Algunas de estas palabras son adaptación, mutación, azar, selección, función.

Tomando como ejemplo paradigmático la palabra “adaptación”, encontramos que, incluso dentro del ámbito científico, no hay un consenso sobre su significado. Existen significados alternativos y contrapuestos denominados históricos y a-históricos, o evolutivos y fisiológicos (Kampourakis, 2014; Lewens, 2007b; Mahner y Bunge, 2000). También en el contexto cotidiano la palabra “adaptación” tiene sus propios significados asociados al ajuste individual y acostumbamiento de los organismos al medio (González Galli, 2011). Todos estos significados son claramente diferentes.

Las ambigüedades también aparecen en las expresiones de los estudiantes en las clases de biología evolutiva. Generalmente son representaciones particulares de formas de pensar más generales como el finalismo o el esencialismo (Gándara Gómez et al., 2002). En la propia biología evolutiva existen frases de tipo finalistas (Ruse, 2000; Caponi, 2003), pero los modelos explicativos que las subyacen son conocidamente diferentes.

En relación con la enseñanza, es necesario tener en cuenta que en el proceso de adopción del discurso científico, los novatos incorporan los términos científicos a sus explicaciones (nombrándolos o imitándolos) sin comprender necesariamente el significado de aquello que dicen. Esto acuerda con el principio general de que el aprendizaje del significado de las palabras es un proceso incremental que ocurre eventualmente a través del tiempo con múltiples exposiciones a ese lenguaje (Stahl, 2003, en Rector et al., 2013). Dado esto, junto con las ambigüedades propias del lenguaje, Rector et al. (2013) concluyen su trabajo preguntándose si los instrumentos de evaluación están controlando la comprensión de los estudiantes o sólo su habilidad para nombrar palabras en un orden lógico.

## La multimodalidad en los procesos de modelización

La modelización implica la construcción de modelos como mediadores para razonar sobre ciertos fenómenos. Estos modelos pueden ser expresados a partir de distintos modos de representación como el lenguaje oral, el matemático, los sistemas figurativos como diagramas o dibujos, entre otros (Gómez Galindo, 2008; Kress et al., 2001).

Los distintos modos que se utilizan para dar sentido a los fenómenos actúan como mediadores en la comunicación entre los sujetos, mediando la relación entre los fenómenos del mundo y los modelos que los explican (Gómez Galindo, 2008; Pujol y Márquez, 2011). Cada uno de ellos permite socializar diferentes aspectos del modelo teórico. Autores como Oh y Oh (2011) consideran que cada modo posee ciertas restricciones o limitaciones, lo que llevaría necesariamente a utilizar múltiples representaciones en el aula para construir significados lo más ajustados posible a los datos y a la teoría. Así, el uso de múltiples representaciones lleva a una sinergia entre ellas, interpretándose dos tipos de relaciones: relación de cooperación (cuando los diferentes modos de representación aluden al mismo aspecto del fenómeno) o de especialización (cuando aluden a aspectos diferentes y complementarios) (Izquierdo et al., 2003).

## METODOLOGÍA

Se diseñó e implementó una secuencia didáctica basada en el marco de la modelización. La misma contó de veintidós actividades que se llevaron a cabo en tres cursos de una escuela de gestión pública de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Participaron 72 estudiantes con un promedio de 15 años de edad.

Durante la secuencia se construyeron las ideas principales del modelo de selección natural a partir del fenómeno del cambio de color de pelaje de los lobos árticos a través del tiempo. Un ejemplo similar, manteniendo a los lobos como protagonistas, permitió construir las ideas del modelo de especiación alopátrica. Avanzada la secuencia se abstraieron los modelos para ser utilizados en otros ejemplos de evolución como los que aquí se hacen referencia (Pérez, Gómez Galindo y González Galli, en prensa).

Durante la secuencia se hizo especial énfasis en la utilización de diferentes formatos de representación de las explicaciones. El análisis que se muestra en este trabajo se realizó a partir de la última actividad de la secuencia, donde los estudiantes debían resolver dos problemas aplicando el modelo de selección natural y el de especiación alopátrica. En ellos se solicitaba explicar la evolución del largo de las patas en las chitas y un caso de especiación de un coleóptero -*Naupactus cervinus*- en Chile y Argentina. El objetivo de la actividad era conocer los modelos que habían construido los alumnos durante la secuencia. Para ello se solicitaba que las respuestas individuales se expresaran en dos formatos: texto y dibujo.

Este trabajo se enmarca en una perspectiva cualitativa e interpretativa de investigación educativa. El análisis de los datos se realizó a partir de la construcción de categorías a través del método comparativo constante (Strauss y Corbin, 1990), que se aplicó a ambos tipos de registros (dibujos y texto).

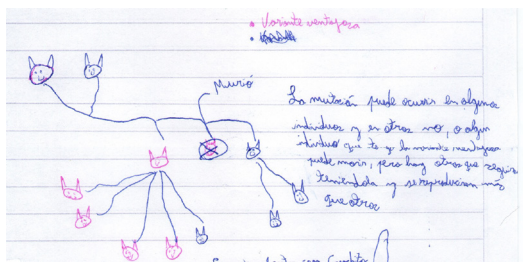
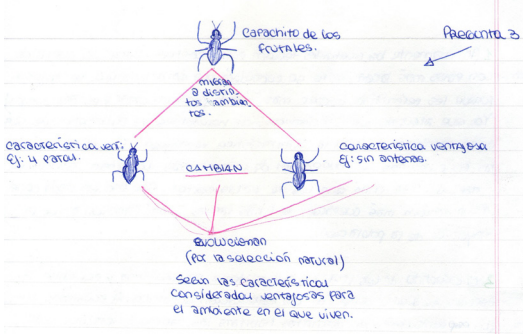
## ANÁLISIS

Se identificaron explicaciones ambiguas cuando el escrito contuviera palabras como ‘adaptación’, ‘selección’, ‘azar’ sin una clara explicitación de su significado. Si bien éstas son palabras que aparecen en la bibliografía sobre el tema, durante el análisis de los datos surgieron otras que también se prestan a ambigüedad como por ejemplo: ‘desarrollo’, ‘adquisición’, ‘acostumbramiento’, ‘necesidad’, ‘cambio’, ‘evolución’, ‘transmisión’. En la tabla 1 se muestran ejemplos. Se marcaron en letra cursiva las ambigüedades en el lenguaje escrito.

Tabla 1.

Explicaciones y dibujos de cuatro estudiantes para el caso de la evolución de las patas de las chitas (pregunta 1) y para el caso de la especiación del *Naupactus cervinus* (pregunta 2)

Pregunta 1	
Estudiante R	
EXPLICACIÓN	DIBUJO
<p>Porque al correr tanto, cada vez que corrían estiraban las patas y estas se iban estirando. Como el ejemplo de Lamarck con las jirafas que cada vez que iban a comer plantas de los árboles se estiraban y éste iba creciendo. Y otra opción es que antes un individuo tuvo una alteración en el ADN y nació con las patas largas, luego sus hijos heredaron eso y esta característica ventajosa la empezaron a <i>desarrollar</i>.</p>	

<i>Pregunta 1</i>	
<i>Estudiante G</i>	
Las chitas de hoy en día tuvieron una mutación en el ADN, había chitas que nacieron con algunas ventajas. Estos se reprodujeron más e iban <i>transmitiendo</i> su ventaja de generación en generación.	
<i>Pregunta 2</i>	
<i>Estudiante C</i>	
El capachito de los frutales, al extenderse por Argentina y por Chile, la especie se dividió generando una especiación alopátrica. Al separarse en dos poblaciones, en distintos hábitats, las características que eran consideradas ventajosas eran distintas. Por eso con el tiempo las distintas poblaciones se <i>convirtieron</i> en distintas especies, por la gran variación en sus características (según la definición de especie).	

Para el caso del estudiante R, su explicación se divide en dos opciones: una ligada a un modelo considerado lamarckiano y la otra más cercana al modelo darwiniano. Si bien no es el espíritu de este trabajo, cabe preguntarse en qué medida estos modelos coexisten en su estructura cognitiva. Para el caso de la explicación cercana al modelo darwiniano, el estudiante pone en juego aspectos como mutación y heredabilidad. Hacia el final indica que “esta característica ventajosa la empezaron a desarrollar”. Esta última frase puede tener diferentes significados, entre ellos un posible posicionamiento análogo al enfoque lamarckiano de transformación individual. Pero también puede estar expresando una explicación como la que se observa en su dibujo esquemático, donde aparecen otros elementos del modelo como la idea de población (el dibujo de diversos chitas) o la de reproducción diferencial (explicada en una de las flechas), más cercanos a la explicación darwiniana.

Para G las chitas que poseían una ventaja “iban transmitiendo su ventaja de generación en generación”. Esta frase no permite entender qué concibe el sujeto con esa “transmisión”. La representación en formato de dibujo hace emerger la idea de reproducción diferencial, la que podrían estar implícita en el texto con la palabra “transmisión”. Del dibujo puede inferirse la idea de reproducción diferencial en la distinción que realiza G entre la cantidad de hijos que tuvo la chita coloreada de rosa y la chita coloreada de azul.

En la respuesta de la estudiante C a la pregunta sobre la especiación del coleóptero, aparece la ambigüedad cuando indica que “las distintas poblaciones se convirtieron en distintas especies”. Su dibujo muestra que la conversión implica por un lado características ventajosas de cada nueva población en su nuevo ambiente y, por otro, que el cambio puede ser explicado por el modelo de selección natural. Estas dos cuestiones son señaladas por C de manera textual en su dibujo.

Sin embargo, el señalamiento textual de la “selección natural” no permite entender, como explica Stahl (2003, en Rector et al., 2013), si la estudiante está nombrando el proceso teniendo una idea alejada del modelo científico y más cercana a sus concepciones iniciales o si, por el contrario, tiene una comprensión más cercana al modelo erudito. En este caso, un único texto acompañado de un dibujo tampoco permite conocer el nivel de comprensión de la estudiante C, por lo que se necesitarán más representaciones para conocerlo. Para este caso, puede observarse la fig. 1 donde se muestra la explicación y el dibujo de C para la pregunta de la evolución de las patas de las chitas. En la misma aparecen distintos elementos que son los que ella entiende como importantes dentro de su modelo construido de selección natural: la idea de población (dibuja varias chitas), variabilidad (en el texto indica al menos dos variantes de chitas la ventajosa y la desventajosa), reproducción diferencial (en el texto indica que las chitas con rasgos ventajosos se reproducen más y esto condice con el dibujo aumentando la cantidad de chitas de color violeta que corresponderían a esa categoría de individuos).

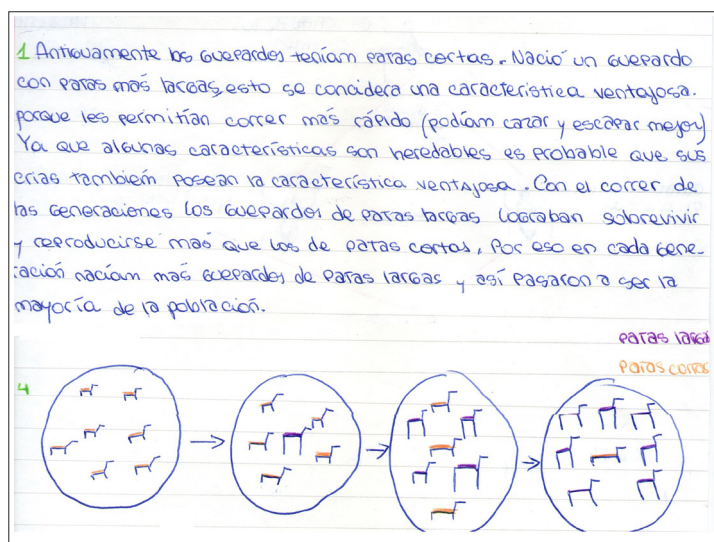


Fig. 1. Explicación en formato de texto y dibujo de la pregunta sobre la evolución de los chitas de la estudiante C

## CONCLUSIONES

Los términos empleados en el área de la biología evolutiva no tienen, ni deberían tener, un único significado preciso. Este hecho trae ciertas complicaciones en la comunicación entre docentes y estudiantes, por ejemplo cuando se quiere conocer cómo es el modelo que han construido los estudiantes luego de un proceso de aprendizaje. Sin embargo, dichos términos, sirven a los estudiantes para dar mayor significado a sus explicaciones.

A partir de la comparación entre las explicaciones en formato texto con los dibujos que las acompañaban, sugerimos que el dibujo permitió explicitar aspectos del modelo de los estudiantes complementarios en relación con aquellos explicitados en el texto. Esto es consecuente con los resultados de Rector et al. (2013).

Para finalizar queremos esbozar algunas preguntas que surgen en el contexto de este trabajo y que podrán ser retomadas en futuras investigaciones, entre ellas: ¿Qué otras formas de representación serían útiles para resolver aquellas ambigüedades que los dibujos no permiten? ¿Qué estrategias didácticas serían potentes para explotar el carácter positivo de esas ambigüedades?



## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CONACYT México, por su apoyo a través del proyecto SEP-SEB 2014-01:No. 240192; a la Universidad de Buenos Aires por la beca doctoral del primer autor, incluida en la Programación Científica 2014-2017, UBACyT, 20020130100251BA. También al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

## REFERENCIAS

- CAPONI, G. 2003. Darwin: entre Paley y Demócrito. *História, Ciências, Saúde. Manguinhos*, 10 (3), p. 993-1023.
- GÁNDARA GÓMEZ, M.; GIL QUÍLEZ, M.J. y SANMARTÍ PUIG, N. (2002). Del modelo científico de adaptación biológica, al modelo de adaptación biológico en los libros de textos secundarios. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (2), 303-314.
- GÓMEZ GALINDO, A. (2008). Construcción de explicaciones multimodales: ¿Qué aportan los diversos registros semióticos? *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4 (2), 83-99.
- GONZÁLEZ GALLI, L. (2011). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires.
- IZQUIERDO AYMERICH, M.; MARQUEZ, C. y ESPINET, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las ciencias*, 21 (3), 371-386.
- KAMPOURAKIS, K. (2014). *Understanding Evolution*. New York: Cambridge University Press.
- KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J. y TSATSARELIS, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.
- LEWENS, T. 2007b. *Adaptation*. En Hull, D. y Ruse, M. (Eds.) *The Cambridge Companion to the Philosophy of Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MAHNER, M. y BUNGE, M. 2000. *Fundamentos de Biofilosofía*. México DF: Siglo XXI
- OH, P. S. y OH, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33 (8), 1109-1130.
- PÉREZ, G.; GÓMEZ GALINDO, A. y GONZÁLEZ GALLI, L. (en prensa). Enseñanza de la evolución: Fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos.
- PUJOL, R. y MARQUEZ, C. (2011). *Las concepciones y los modelos de los estudiantes sobre el mundo natural y su función en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. En Cañal, O. (Coord.), *Didáctica de la Biología y la Geología* (pp. 71-89). Barcelona: Grao.
- RECTOR, M.; NEHM, R. y PEARL, D. (2013). Learning the language of evolution: lexical ambiguity and word meaning in student explanations. *Research in Science Education*, 43 (3), 1107-1133.
- RUSE, M. 2000. Teleology: Yesterday, Today, and Tomorrow? *Studies in History and Philosophy of Biological & Biomedical Sciences*, 31 (1), p. 213-232.
- SMITH, M. (2010a). Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: I. Philosophical/Epistemological Issues. *Science and Education*, 19, 523-538.
- (2010b). Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical Issues. *Science and Education*, 19, 539-571.
- STRAUSS, A. y CORBIN, J. (1990). *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*. Newbury Park: Sage.